

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-040485

(43)Date of publication of application : 12.02.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

H01J 37/09

H01J 37/147

H01L 21/308

(21)Application number : 09-196648

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 23.07.1997

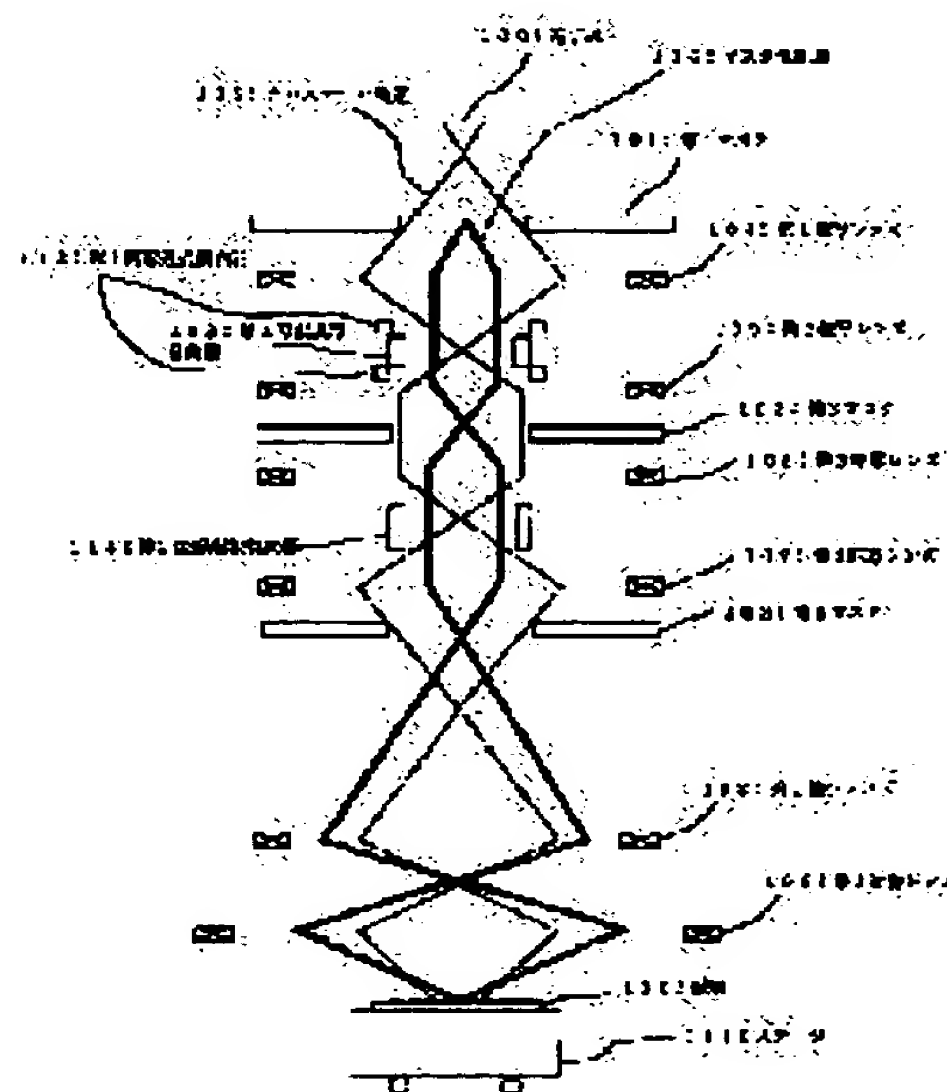
(72)Inventor : HAYATA YASUNARI  
SOMETA YASUHIRO  
OTA HIROYA  
MATSUZAKA TAKASHI  
SAITO NORIO  
NAKAYAMA YOSHINORI  
ITO HIROYUKI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR ELECTRON BEAM LITHOGRAPHY

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To write a large quantity of patterns on a sample with high accuracy.

SOLUTION: A deflector (first pattern selecting deflector 112) provided in the succeeding stage of a first mask 101 selects one out of a plurality of openings provided in a second mask 102 and another deflector (second pattern selecting deflector 114) selects one out of a plurality of openings provided in a third mask 103 and projects the image formed from the image selected by means of the deflector 112 through the opening upon a sample by converging and deflecting the image. At least either one of the second and third masks 102 and 103 has the opening of the repetitive pattern of a fine element pattern. In addition, the second and third masks 102 and 103 are formed in such a way that either one of the masks 102 and 103 can select or specify the maximum irradiated area and the other can select the shape of an electron beam.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.09.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3283218

[Date of registration] 01.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2000-16828

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 23.10.2000

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-40485

(43)公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 4 1 S

H 0 1 J 37/09

H 0 1 J 37/09

A

37/147

37/147

C

H 0 1 L 21/308

H 0 1 L 21/308

審査請求 有 請求項の数26 O L (全 15 頁)

(21)出願番号

特願平9-196648

(22)出願日

平成9年(1997) 7月23日

(71)出願人

000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者

早田 康成

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者

染田 恭宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者

太田 洋也

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人

弁理士 磯村 雅俊 (外1名)

最終頁に続く

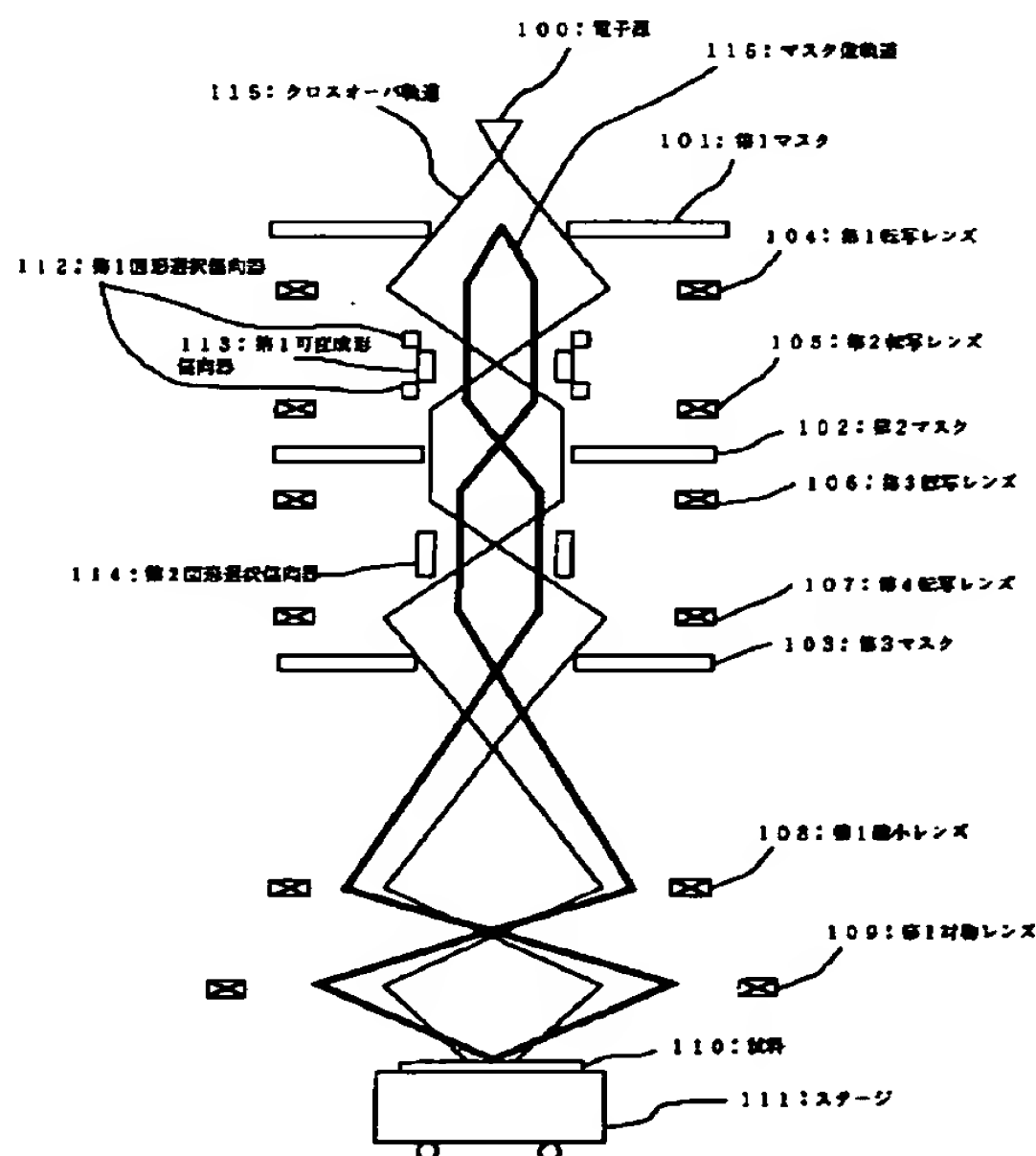
(54)【発明の名称】 電子線描画方法および電子線描画装置

(57)【要約】

【課題】 試料上に大量の図形をより高精度に描画することを可能にした電子線描画方法および電子線描画装置を提供すること。

【解決手段】 第1マスク(101)の後段に設けられた偏向器(第1図形選択偏向器112)により、第2マスク(102)に設けられた複数の開口のうちの一つを選択し、それによって成形される像を偏向器(第2図形選択偏向器114)により、第3マスク(103)に設けられている複数の開口のうちの一つを選択し、これによって成形される像を収束・偏向して対象となる試料

(110)に照射する。第2マスク(102)または第3マスク(103)の少なくともいずれか一方は微細素子パターンの繰り返し図形の開口を有している。また、第2マスクまたは第3マスクの一方が最大照射面積を選択または規定し、他方が電子線の形状を選択するようにしている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子線を発生させるステップと、発生した電子線を少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）で成形するステップと、成形した電子線を偏向する偏向ステップと、偏向した電子線を、それぞれが複数の開口を有する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）を用いて成形するステップと、該成形された電子線を収束させて試料の所望の位置に照射するステップとを有することを特徴とする電子線描画方法。

【請求項2】 電子線を発生させるステップと、発生した電子線を少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）で成形するステップと、成形した電子線による第1マスク像を少なくとも2つのレンズにより第2マスク上へ転写するステップと、該転写によって成形された第2マスク像を少なくとも2つのレンズにより第3マスク上へ転写するステップと、該転写によって成形された第3マスク像を収束させて試料の所望の位置に照射するステップとを有することを特徴とする電子線描画方法。

【請求項3】 請求項1または2記載の電子線描画方法において、

前記第2マスクまたは前記第3マスクの少なくとも一方には微細素子パターンの繰り返し図形を有していることを特徴とする電子線描画方法。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか1項に記載の電子線描画方法を用いて製造したことを特徴とする半導体集積回路。

【請求項5】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

前記少なくとも2つのマスク（第2マスク、第3マスク）上に、複数の開口を有することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項6】 請求項5記載の電子線描画装置において、

前記2つのマスク（第2マスク、第3マスク）上に、微細素子パターンの繰り返し図形の開口を有することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項7】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

前記2つのマスク（第2マスク、第3マスク）のうちの一方は最大照射面積を選択または規定するものであり、

他の1つのマスクは電子線の形状を選択するものであることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項8】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

10 前記2つのマスク（第2マスク、第3マスク）のうち一方は電子を散乱・透過する薄いマスクであり、他方は電子を遮断する厚いマスクであり、比較的長い時間の電子線のブランキングには前記厚いマスク上で電子線像を偏向することによりブランキングを行うことを特徴とする電子線描画装置。

【請求項9】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

20 前記2つのマスク（第2マスク、第3マスク）が前記1つのマスク（第1マスク）により規定される電子線と同等以上の十分大きな開口を有することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項10】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

最後段のマスク上に微細素子パターンの繰り返し図形を有することを特徴とする電子ビーム描画装置。

【請求項11】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

30 第1マスクの像を少なくとも2つのレンズにより第2マスク上へ転写し、第2マスクの像を少なくとも2つのレンズにより第3マスク上へ転写することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項12】 請求項5～11のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

50 マスク間隔の長い方の空間に可変成形用の偏向器を設けることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項13】 請求項5～12のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

後段の2つのマスク（第2マスク、第3マスク）の少なくとも一方のマスクが他方のマスクで形成された像を損なうことのない十分大きな開口を有し、他方のマスクにおいて可変成形法を行うことを特徴とする電子線描画装置。

【請求項14】 請求項5～13のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

第2マスク上にある図形を選択した際に、第3マスクの前段の偏向器により軸上に振り戻すことを特徴とする電子線描画装置。

【請求項15】 請求項5～14のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

少なくとも2つのマスク（第2マスク、第3マスク）上に微細素子パターンの繰り返し図形を有し、かつ開口面積の小さい図形を試料に遠いマスクに配置することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項16】 請求項5～15のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

前記2つのマスク（第2マスク、第3マスク）の縮小率がほぼ等しいことを特徴とする電子線描画装置。

【請求項17】 請求項6～16のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

マスク加工の困難なパターンを有するマスクがもう一方のマスクに比較してより縮小されることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項18】 請求項7～17のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

最大照射面積を選択または規定するマスクの前段に矩形開口を有するマスクを配置したことを特徴とする電子線描画装置。

【請求項19】 請求項7～18のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

電子線の形状を決める開口の大きさに合わせて、最大照射面積を選択または規定することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項20】 請求項7～19のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

電子線の形状を決める複数の開口を高い密度でマスク上に配置するために不等間隔に配置された部分があることを特徴とする電子線描画装置。

【請求項21】 請求項7～20のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

電子線の形状を決める複数の開口を開口面積の小さいもののほかに配置することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項22】 請求項7～21のいずれか1項に記載の電子線描画装置において、

第2マスク上に微細素子パターンの繰り返し図形を有することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項23】 請求項6～22記載の電子線描画装置において第2マスク上に、試料上で解像不可能な微細なパターンを有し電流密度の調整が可能な図形開口を有する電子線描画装置。

【請求項24】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

少なくとも1つのマスク上に10倍以上の大きさの異なる複数の矩形開口を有することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項25】 電子線を発生する電子源と、発生した電子線を成形する少なくとも1つのマスク（以下、第1マスク）と、成形した電子線を偏向する偏向器と、偏向した電子線を成形する少なくとも2つのマスク（以下、第2マスク、第3マスク）と、該成形された電子線を収束して対象物の所望の位置に照射する手段を有する電子線描画装置において、

少なくとも1つのマスク上に複数の矩形開口を有し、電子線の形状を決める開口の大きさに合わせて、最大照射面積を選択または規定することを特徴とする電子線描画装置。

【請求項26】 請求項4ないし25のいずれか1項に記載の電子線描画装置を用いて製造したことを特徴とする半導体集積回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路などの製造に用いられる電子線描画技術に係り、特に一括図形照射法に用いる装置構造およびマスクの形状に工夫を施して微細なLSI用パターンの高速描画を可能とした電子線描画方法および電子線描画装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路は微細化、集積化が進んでおり、その微細加工を実現するためのリソグラフィ装置の高精度化が進められてきた。しかし、加工寸法が光露光の光源の波長に近づき、リソグラフィ技術も限界に近づいてきた。そのため、さらなる微細化、高精度化を進めるために、リソグラフィ技術に代わり、荷電粒子線装置の一種である電子線描画装置が用いられるようになった。電子ビーム描画装置の高速化のために、各種形状のマスクを組み合わせそれらに一括して電子ビームを照射して複雑な形状の電子ビームを形成する一括図形照射法の開発が進められている。この手法としては、例えば、坂本等が、ジャーナル オブ パキューム サイエンス アンド テクノロジー（J. Vac. Sci. Technol.）, B11（1993年）2357頁から236



1 頁で述べているように、2つのマスクを用い、固定の矩形開口と図形開口の組み合わせにより電子ビーム形状を定めるものがある。また、フォータグン等が、マイクロエレクトロニック エンジニアリング、27(1995年)151頁から154頁で述べているように、1つのマスクに45度回転した矩形を用意しておいて3角形ビームの形成を可能としたものもある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の手法では最近の種々の要求に対応できなくなっている。例えば、必要な図形数が増加すると図形選択のための電子ビームの偏向量が增大する。これにより、離軸収差が増大してしまう。従って、離軸量を小さくしながら如何に多くの図形パターンを選択可能にするかが重要な課題となる。さらに図形数が増大すると、それらをより精度よく描画するための図形配置を考慮しなければならない。また、微細パターンの寸法が小さくなると、マスクの加工が困難になってくる。この影響を小さくする工夫も必要となる。

【0004】この問題点を緩和するために3つのマスクを用いる方法が小山によって提案されている(特開昭63-114125号公報「荷電ビーム露光装置」参照)。ここで提案されたものは、3つのマスクを用いているが、そのうちの最初のマスクはビーム制限用マスクであり、第2番目および第3番目のマスクがビーム成形用マスクであるが、そのうち第3番目のマスクは開口を一つしか有しておらず、試料上に大量の図形パターンを高精度に描画するのには不十分であった。本発明は、上記問題を解決し、試料上に大量の図形をより高精度に描画することを可能にした電子線描画方法および電子線描画装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、3つ以上のマスクを用い、それらの開口および装置構成に工夫を施している。すなわち、第1マスク(101)の後段に設けられた偏向器(第1図形選択偏向器112)により、第2マスク(102)に設けられた複数の開口のうちの一つを選択し、それによって成形される像を偏向器(第2図形選択偏向器114)により、第3マスク(103)に設けられている複数の開口のうちの一つを選択し、これによって成形される像を収束・偏向して対象となる試料に照射する。第2マスクまたは第3マスクの少なくともいずれか一方は微細素子パターンの繰り返し図形の開口を有している。また、第2マスクまたは第3マスクの一方が最大照射面積を選択または規定し、他方が電子線の形状を選択するようにしている。さらに、第2マスクまたは第3マスクのいずれか一方を薄いマスクにし、他方を電子線のブランピングに使うように厚いマスクにしている。また、第2マスクまたは第3マスクの一方のマスクが他方のマスクで形成

された像を損なうことのない十分大きな開口を有し、他方のマスクにおいて可変成形法を行うようにしている。なお、可変成型用偏向器はマスク間隔の長い方の空間に設け、構造上の制約を少なくしている。

【0006】さらに、前記電子線描画装置において、第2マスクおよび第3マスク上に微細素子パターンの繰り返し図形を有し、開口面積の小さい図形を試料に遠い方のマスクに配置し、クーロン効果に起因する電子線のボケを防止している。最大照射面積を選択または規定するマスクの前段に矩形開口を有するマスクを配置している。また、電子線の形状を決める開口の大きさに合わせて、最大照射面積を選択または規定している。これにより図形密度を高めることができる。また、第2マスク上に、試料上で解像不可能な微細なパターンを有し電流密度の調整が可能な図形開口を有する。さらに、マスク上に10倍以上の大きさの異なる複数の矩形開口を有し、電子線の形状を決める開口の大きさに合わせて、最大照射面積を選択または規定する。これにより最適な矩形開口を選択することができる。

【0007】また、2つのマスクの試料上での縮小率は基本的には等倍が望ましい。等倍にすることにより、第2マスクおよび第3のマスクの設計を共通化できる。但し、マスク開口のパターンによっては低縮小率では加工が困難な場合があり、この場合は加工が困難なマスクの縮小率を高めることによって描画精度を向上させることができる。さらに、マスク内での開口の配置として、開口面積が小さいパターン程、外よりに配置する。開口面積が大きなパターンでは大きいクーロン補正を必要とする。それに伴う誤差は外周になるほど大きくなる。従って、開口面積が小さいパターンを外周に配置することが有効となる。特に、種々の開口面積のパターンを有することが可能な本発明ではこのことは重要な利点となる。以上の如き電子線描画技術を用いることによりLSIパターンを精度よくかつ高速に描画でき、半導体集積回路の生産性を向上させることが可能になる。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。

(第1実施例)まず、本発明の第1実施例を説明する。本実施例の電子線描画装置は、3つ以上のマスクを用い、そのうちの2つのマスクのそれぞれに複数の開口を設けた実施例である。図1は、本実施例の電子線描画装置の概要を示している。同図において、電子源100より放出された電子ビームは第1マスク101を直接照射される。第1マスク101には後述するように単一の矩形開口が設けられており、照射された電子線により開口像が得られる。第1マスク101の開口像は2つのレンズ(第1転写レンズ104および第2転写レンズ105)により第2マスク102上に形成される。

【0009】第2マスク102上の結像位置は第1図形

選択偏向器 112 および第 1 可変形成偏向器 113 により制御される。電子ビームは第 2 マスク 102 の開口を通過した後、更に後段の 2 つのレンズ（第 3 転写レンズ 106 および第 4 転写レンズ 107）により第 3 マスク 103 上に結像する。この結像位置も第 2 図形選択偏向器 114 により制御される。第 3 マスク 103 の開口を通過した電子ビームは縮小レンズ 108 と対物レンズ 109 によりステージ 111 に置かれた試料 110 上に投影される。対物レンズ 109 内には通常偏向器が設置されており、この偏向器により試料 110 上での電子ビームの結像位置が決められる。

【0010】次に、第 1 マスク 101、第 2 マスク 102、第 3 マスク 103 の構造の詳細を、それぞれ図 2 の第 1 マスク 200、図 3 の第 2 マスク 300、図 4 の第 3 マスク 400 として示す。図 2 に示すように、第 1 マスク 200 には矩形開口 201 が設けられている。これに対して、図 3 および図 4 に示すように、第 2 マスク 300 および第 3 マスク 400 には第 1 マスク 200 と同様の矩形開口 301 および 401 の他に、微細素子の図形開口 302（例えばホールパターン）および 402（例えば配線パターン）が配置されている。

【0011】図 3 に示すように、第 2 マスク 300 には、中央に大きな矩形開口 301 が設けられている。その矩形開口 301 に隣接した 3 つの図形位置に対応する場所は遮蔽されており、第 1 マスク 200 の矩形開口 201 の像（第 1 マスク像 303）の位置を調整して第 2 マスクの矩形開口 301 と部分的に重ね合わせることを可能にしている。この重ね合わせによる方法、すなわち可変形成法により新たなより小さな任意の形状の矩形像を形成することが可能である。

【0012】図 4 に示すように、第 3 マスク 400 には、中央の矩形開口 401 が第 2 マスク 300 のどの開口よりも大きく、第 2 マスク 300 を通過した電子ビームがそのまま通過できるようになっている。第 3 マスク 400 でも、第 2 マスク 300 と同様に、矩形開口 401 に隣接した 3 つの図形位置に対応する場所は遮蔽されており、第 2 マスク 300 の矩形開口 301 と遮蔽された 3 つの図形位置以外の 21 個の図形パターンと第 3 マスク 400 の矩形開口 401 を通過させた場合の 21 個の図形と、第 2 マスク 300 の矩形開口 301 と第 3 マスクの 21 個の図形パターンを通過した 21 個の図形の合わせて計 42 個の図形パターンが選択できる。

【0013】これにより上下計 42 個の図形を選択が可能となる。しかも、42 個の選択を 1 枚のマスク上で行う場合の 2/3 の離軸量で実現できる。離軸による収差は偏向の 3 乗に比例するものもあり、この差は高精度の一括図形照射法を行う上で極めて重要である。なお、上記では、第 3 マスク 400 の矩形開口 401 に隣接した 3 つの図形位置に対応する場所は遮蔽した場合を示したが、この遮蔽された 3 つの図形位置にも図形パターンを

設けることができる。この場合は、第 2 マスク 300 の 21 個の図形パターンと第 3 マスク 400 の 24 個の図形パターンとから計 45 個の図形パターンが選択できる。また、第 3 マスク 400 の中央に矩形開口 401 を配置すれば第 2 マスク 300 上で選択した図形開口を軸上に振り戻して使うことが可能であり、電子ビームが軸外を通過することによる収差の発生を緩和することができる。

【0014】3 段マスクの電子光学系を設計するためにはクロスオーバー像とマスク像の 2 つの軌道を同時に考える必要がある。更に、これら 3 つのマスク像の試料上での縮小率は同程度か 2 倍程度の差であるのがマスクの製作上好ましい。これに近い条件を実現した例として、ファイファー等が「ジャーナル オブ バキューム サイエンス アンド テクノロジー」 B11 (1993 年) 2332 頁から 2341 頁で述べているように、3 つのコンデンサレンズ (Auxiliary lens) は調整用の補助レンズである) を用いる方法がある。しかし、この方法では第 2 マスクがレンズの中に位置することになるため、一括図形照射法のようなマスクの移動や交換を頻繁に行う場合には適していない。これに対して、本実施例では図 1 の電子光学系のように、それぞれ 2 段のレンズ構成（第 1 転写レンズ 104 / 第 2 転写レンズ 105、および第 3 転写レンズ 106 / 第 4 転写レンズ 107）によってマスク上への結像を行うことにより、第 2 マスク 102 の移動や交換を容易に行うことができ操作性が格段に向上する。

【0015】また、図 1 に示したクロスオーバー軌道 115 とマスク像軌道 116 から明らかなように、両軌道ともに適正な軌道が得られている。第 1 転写レンズ 104、第 2 転写レンズ 105、第 3 転写レンズ 106、第 4 転写レンズ 107 のそれぞれの焦点距離を等しくすることにより、第 1 マスク～第 3 マスクの 3 つのマスクの試料上での縮小率を等しくすることができる。特に第 2 マスク 102 を第 3 マスク 103 上に転写する際の倍率は厳密に調整する必要があるために、2 段のレンズによりクロスオーバー像とマスク像の両者をコントロールできるようにしている。更にこの光学系の利点は、第 2 マスク 102 上で、電子ビームをマスク面に垂直に入射することができることにある。マスク面に垂直に電子ビームを入射することにより、マスクの厚さによって生じる半影の影響を低減することが可能になるという効果がある。

【0016】また、図 1 の構成では第 3 マスク 103 の前には図形選択偏向器しかないために、感度の高い偏向系を形成することが可能である。これにより、図形数の増大や偏向電圧の低電圧化などが実現しやすくなる。

【0017】また、本実施例の第 2 マスク 300 と第 3 マスク 400 の図形配置の特徴として、図 3 と図 4 を比較すれば分かるように、第 3 マスク 400 の方により開

口面積の大きな配線層を配置してある。一般に電流密度すなわち電子間の密度が大きくなると、電子間にクーロン力が働いて相互に反発するため電子ビームにボケが生じるようになる。本構成では、大電流が流れクーロン効果が比較的大きい開口面積の大きな図形を有するマスク（第3マスク）を、電子ビームの走行長のより短い状態（試料110に近い位置に配置）で用いることによってクーロン効果の影響を少なくしている。ホール層のように開口面積の小さな図形を有するマスク（第2マスク）は、多少走行距離が長くとも電流量が小さくクーロン効果の影響が少ないため試料110から遠い位置に配置してもよい。このようにして実質的にビームの劣化を小さくしている。

【0018】本実施例は、図1に示した構造の電子線描画装置と図2～図4に示した構造のマスクを用いたものである。本実施例に用いた第1転写レンズ104、第2転写レンズ105、第3転写レンズ106、および第4転写レンズ107の焦点距離は35mmである。なお、第1可変成形偏向器113は4極の静電偏向器であり、第1および第2図形選択偏向器112および114は8

極の静電偏向器である。8極の静電偏向器には比点補正電圧が付加されている。また、図には描かれていないが、転写部には焦点補正器も設置されている。従って、第2マスク102は第3マスク103に等倍で転写できる。

【0019】縮小レンズ108での縮小率は1/30であり、対物レンズ109と合わせて試料110（ウェハ）上で1/25の縮小率となる。一括図形の最大の大きさはウェハ上5μm角であるので両マスク上では125μm角となる。第2マスク102上にはクーロン効果の小さいホール層である。マスクはシリコン20μm厚である。ホール層のためのマスクはアスペクト比の高い穴を形成する必要がある。例えばウェハ上0.15μmの微細パターンはマスク上3.75μmとなる。従って、加工の困難なホールパターンは1/50程度の縮小率とすることも有効である。

【0020】第1マスク101、第2マスク102および第3マスク103上の矩形開口は150μm角である。従って第2マスクを通過した矩形開口もしくは図形ビームはその形状を損なうことなく、第3マスクを透過することができる。逆に第3マスク上の図形パターンも余裕を持って照射が可能である。また、可変成形は第2マスク102上で行っているがこの配置では第3マスク103上でも可能である。第2図形選択偏向器は図1のように1段でもよいが偏向時の軸ずれを防止するためには第1図形選択偏向器のように2段とすることも有効である。電子の加速電圧は50kV、電流密度はウェハ上10A/cm<sup>2</sup>である。

【0021】以上の電子線描画装置を用いてウェハ110上にLSIパターンを描画した。電子線用ボジレジス

トPSRと第2マスク102上の図形開口を利用してホール層を描画した結果、8インチウェハで5枚/時間のスループットが得られた。寸法精度は±10nmであった。同様のパターンを可変成形法のみで描画した場合は、1枚/時間も描画することができなかった。また、第3マスク上の図形開口と電子線ネガレジストSALを用いて配線層の描画を行った。この結果、8インチウェハで3枚/時間のスループットが得られた。寸法精度は同じく±10nmであった。同様のパターンを可変成形法のみで描画した場合は、やはり1枚/時間も描画することができなかった。以上のように一括図形照射法を有効に活用することが可能となった。

【0022】（第2実施例）上記第1実施例は、第2マスクの微小な図形開口302（例えばホールパターン）と第3マスクの矩形開口401の組み合わせか、または第2マスクの矩形開口301と第3マスクの微小な図形開口（例えば配線パターン）の組み合わせによって描画パターンを生成したものであるが、本第2実施例では、第2マスクに第1実施例と同様の矩形開口の他に、該矩形開口より小さく形状および大きさの異なる複数の矩形開口を設けたものである。

【0023】図5は、本実施例における電子線描画装置の概要を示している。本電子線描画装置は、図1の電子線描画装置の第1図形選択偏向器112を第1矩形選択偏向器501に変えた点以外は第1実施例のものとほぼ同様である。本実施例における第2マスク102、第3マスク103の構造の詳細を、それぞれ図6の第2マスク600、図7の第3マスク700として示す（第1マスク101は図2と同様）。

【0024】図6に示すように、第2マスク600には図3の矩形開口301と同様の矩形開口601が設けられている。これに対して、第2マスク300および第3マスク400には、図3および図4に示すように、第1マスク200と同様の矩形開口301および401の他に、微細素子の図形開口302および402が配置されている。

【0025】第2マスク600には矩形開口601の他に、種々の大きさ、種々の形状の矩形604があり、これがフォータグン等の例と異なっている。また、第1マスクに矩形開口を有しており、この第1マスク像（図6の603参照）との重ね合わせより第3マスクへの開口像（図7の大きな第2マスク像702、小さな第2マスク像703参照）を形成するために、第2マスク上の開口群は密に配置することができる。これにより離軸量を低減することも可能となる。図7に示すように、第3マスク700には、中央に矩形開口701が、その周辺にサイズの同じ複数の図形開口が設けられている。図形開口としては、内側に配線パターンが外側にホールパターンが設けるのが好ましい。

【0026】本実施例では、まず、図7に示すように、



大きな矩形開口の第2マスク像702で第3マスク700を照射すれば1つの図形開口全体が選択できるのに対して、小さな矩形開口の第2マスク像703で第3マスク700を照射すれば1つの図形開口の一部分を選択できる。これにより、第3マスク700の図形開口の単なる繰り返しでは構成できないパターンの部分（半端な部分）や、メモリLSIの周辺回路などにも適用が可能となる。

【0027】なお、矩形の大きさは、図6に示すように、大きな矩形開口の第1マスク像603と第2マスクの矩形開口601の重なり度合いで調整してもよいが、必要な矩形の大きさが決まっていればそのサイズの幾つかの矩形開口を用意して置き、その矩形開口を大きな矩形開口の第1マスク像603で選択した方が矩形のサイズの高精度化に向いている。なお、第2マスクと第3マスクの配置を入れ替えてもこれらのことは可能であるが、クーロン効果を考慮すると図形開口を有する第3マスク700を後段に配置する方がよい。

【0028】本実施例は、図5に示した構造の電子線描画装置と図2、図6、図7に示した構造のマスクを用いたものである。図7のゲートパターンを用いてウエハ上にLSIパターンを描画した。電子線ネガレジストSALと第2マスク上の図形開口を利用してゲート層を描画した結果、8インチウエハで4枚/時間のスループットが得られた。メモリセル周辺は図6の右上の長方形と図形パターンを組み合わせることにより形成された、一括図形の部分ビームにより描画した。これにより、メモリ図形の半端な部分も一括マスクでの描画が可能となった。更に、近接効果の補正のために部分的に切り出したパターンの露光量を2割多めとした。これにより寸法精度を±9nmに押さえることができた。同様のことは第2マスク上の可変成形法により長方形ビームを形成することによっても可能である。

【0029】（第3実施例）本発明の第3実施例は、第1マスクと第2マスクは前述の第2実施例と同じで、第3マスクとしてサイズの異なる図形開口を有するマスクを用いた実施例である。従来の方法では大きな矩形開口しか使うことができなかったため、小さな図形開口も大きな図形開口と同じ間隔で並べて設けておく必要があった。そのためにいたずらに離軸距離が増加していたが、本実施例によりこれが改善される。

【0030】本実施例では、第3実施例と同様に、第1マスクとして図5に示す第1マスク500、第2マスクとして図6に示す第2マスク600を使うが、第3マスクとしては、図8に示すように、サイズの異なる各種図形開口が設けられている第3マスク800を使う。そして第2実施例と同様に、第1マスク像603で第2マスク600上の様々な大きさの矩形開口604を選択することにより、または、第1マスク像603と第2マスクの矩形開口601を組み合わせる可変成形法を用いるこ

とにより、選択する第3マスクの図形開口のサイズに合致したサイズの矩形開口像を形成し、これを第3マスク上の選択すべき図形開口に照射する。

【0031】本実施例によれば、第3マスク800上の図形開口の配置を密にすることができ、結果的にたくさんの図形開口パターンを持たせることができ、また、離軸距離が増加を防ぐことができる。図7および図8の中央の矩形開口は図6のどの開口よりも大きく、これにより第1と第2のマスクで形成された可変成形ビームを妨げることなく通過させることができる。なお、第2マスクと第3のマスクは偏向器と同時に配置を入れ替えても使用可能である。

【0032】本実施例は、図5に示した構造の電子線描画装置と図2、図6、図8に示した構造のマスクを用いたものである。上述したように、本実施例では、第3マスク上に一括図形（図形開口）の1部ではなく、面積の異なる一括図形を同じマスク上に配置した。この第3マスク上の一括図形パターンを照射する矩形の大きさを第2マスクによって変えることができるために、第3マスク上に、よりコンパクトに図形開口を配置することが可能となり、図形選択時の離軸量を押さえることができる。これにより品種や寸法の異なるLSIを同時に描画することが可能となる。電子線ネガレジストSALを用いて256MDRAMと1GDRAMを描画した結果、8インチウエハで4枚/時間のスループットが得られた。寸法精度も±9nmを確保している。第2実施例および第3実施例では第2マスク上には微細素子の図形開口は配置していないが、矩形開口の周辺に図形開口を配置してより多くの図形を使用可能とすることも有効である。

【0033】この手法の応用として、図6の第2マスク600上の矩形開口として、試料上で解像不可能になる図16に示すような微細な開口パターンを有する図形開口を配置する方法が考えられる。これにより配線パターンのようにクーロン効果の大きい開口を使用する場合にこの微細な開口パターンを通過させることで総電流量を低減させクーロン効果を低減させることができる。図16(a)は、微細な開口パターンを均一に設けたもので、電流量を1/4に低下させることができる。また、図16(b)は、中央部の微細な開口パターンを両側より密に設け、中央部での電流密度を小さくしている。このように微細パターンの密度を調整することにより一括図形内での電流密度の調整が可能となり、近接効果補正にも有効である。

【0034】（第4実施例）図9は、第4実施例を説明するための電子線描画装置の概略図である。本実施例と前述した各実施例との大きな違いは第2マスク102の前段に設けられたブランキング用偏向器913でブランキングを行うことにある。本手法は、特に第2マスク102以降に、電子の吸収より電子を散乱することにより



像コントラストを得る薄膜マスク903（図11に示す第3マスク1103参照）を第3マスクとして配置する場合に有効である。本手法は、薄膜マスク903の後段の角度制限絞り910により薄膜マスクからの散乱電子を遮断し、試料上でのコントラストを得る手法であり、マスクを薄膜化することにより、より微細な図形パターンをマスク上に形成することが可能となる。

【0035】しかし、この手法の問題点は、従来のブランキング用偏向器915を用いて角度制限絞り910上でブランキングを行うと、せっかく遮断していた散乱電子が微量ながら試料110上に到達するようになってしまふことにある。そこで比較的長時間のブランキングの際には他のブランキング方法を併用する必要がある。本実施例では薄膜マスク903以外に厚いマスク（第2マスク102）を配置しておき、電子ビームを偏向して該厚いマスクで遮断することにより効果的なブランキングを行うことができる。この場合のマスクは、図10に第2マスク1000として示すように、矩形（1001）1つでも構わないが、同時に図形開口を配置することも可能である。なお、ブランキング用マスクと描画用マスクの順が逆でもこの方法は有効である。

【0036】本実施例は、図9に示した構造の電子線描画装置と図2、図10、図11に示した構造のマスクを用いたものである。本実施例では第3マスクが薄膜マスクであり厚さは2 $\mu$ mである。薄膜マスクは図形開口を微細パターンのアスペクト比を低減することが可能であるために、精度のよいマスクを得ることが容易となる。なお第3マスク903（図11の1103参照）の中央の矩形開口は125 $\mu$ mであり、第1マスクおよび第2マスク1000（図10参照）の中央の矩形開口の150 $\mu$ mより小さい。第2マスク1000には通常の20 $\mu$ m厚のマスクを用いた。描画はショット間は従来のブランキング用偏向器915でブランキングを行い、ステージ移動の整定待ちのような長い待ち時間の間は第2マスクの前段のブランキング偏向器913で電子ビームを第2マスク102（図10の1000）上で偏向し、ブランキングを完全なものにする（図10のブランキングされた第1マスク像1004参照）。ブランキング用偏向器913は2極の静電偏向器である。電子線ネガレジストSALを用いて1GDRAMを描画した結果、第2マスク102上でブランキングを行わなかった場合は10個所にブランキング漏れによる感光領域が観察されたが、第2マスク102上でのブランキングを行うことにより、これを除去することができた。

【0037】（第5実施例）本実施例では、図12に示すように、第2マスク102上に図形開口を設け、第3マスク103上で可変成形を行っている。この電子光学系では第2マスク102と第3マスク103の間の距離が第1マスク101と第2マスク102との間の距離より長く、長い方に可変成形偏向器1214を配置してい

る。成形偏向は高速性を要求されるために可変成形偏向器は通常細く長く作られる。従って、空間の狭い領域ではレンズ磁場の影響を受けるようになる。これにより、正確な偏向が妨げられてしまう。従って、可変成形偏向器はマスク間距離の長い場所に配置するのがよい。図12では第2マスク102上に斜め入射になっているが、図形数が多い場合は図9のように垂直入射が望ましい。この場合でも第3転写レンズ106と第4転写レンズ107の焦点距離を長くすることにより可変成形偏向器1214を配置しやすくすることができる。

【0038】本実施例は、図12に示した構造の電子線描画装置と図2、図13、図14に示した構造のマスクを用いたものである。本実施例では可変成形偏向器1214が第2マスク102と第3マスク103の間に配置されている。第1マスク101と第2マスク102の間は100mm、第2マスク102と第3マスク103の間は120mmであり、第2マスク102と第3マスク103の間に可変成形偏向器1214を配置することにより、転写レンズの磁場の影響を避けている。なお、可変成形偏向器1214は $\phi$ 5mm $\times$ 50mmである。第2マスク102上への入射角度は第3マスクへのそれと比較して小さくなっており、図形数を多くするのには有利である。図9のように垂直入射にすることも可能であり、一括図形をより多く配置するのに適している。

【0039】（実施例6）本実施例は、図5に示した構造の電子線描画装置と図2、図17、図18に示した構造のマスクを用いたものである。但し、図5の図形選択偏向器は除いて使用した。本実施例においては、第2マスク1700は、図17に示すように、中央に矩形開口1701が設けられており、第1マスク像1702と該矩形開口を部分的に重ね合わせることで可変矩形の成形を行う。第3マスク1800は、中央に矩形開口1801が、またその周辺に一括図形1802および形状の異なる各種微細開口群1804が多数設けられている。微細開口群としては、矩形開口の右上は試料上最小0.1 $\mu$ m角の正方形を初めとする微小寸法の正方形開口が、その周りには様々な幅／長さの長方形の開口がある。これらの開口は可変矩形法（可変成形法）の精度を向上させることを目的として設けられている。通常の変形法は任意のサイズの矩形の形成が可能であるが、サイズの校正が必要となる。すなわち、描画する寸法が小さくなるにつれて、その寸法に必要な精度を得るのが困難になってくる。

【0040】しかし、特に微細な寸法に関しては予め必要な矩形開口を用意しておき、その開口で代用することにより、必要な精度を確保することができる。マスクは試料上の25倍の寸法となるため、マスク上の開口の寸法精度は十分確保できる。しかし、その矩形の数が多いと通常の一括図形照射法では図形の配置の間隔が限定されてしまうため、図形数が不足してしまう。

【0041】そこで、本実施例では、第1マスクと第2マスクで小さな矩形を形成し、この矩形開口像1803により第3マスク上の微小開口1804群の一つを選択照射する。これにより、第3マスク上に効率よく矩形開口を配置することができる。特に本実施例では矩形開口が小さく、その効果は極めて大きい。微小矩形は第3マスクの開口形状のみで規定してもよいが、他の開口形状との併用も可能である。中央の大きな矩形開口の右と上に細長い開口が配置されているが、この開口の狭い方向は第3マスクで、長手方向の長さは第1マスク像と第2マスク像の重なりで規定する。これにより、寸法精度の厳しい小さい方向の寸法は精度よく規定できる。同時に第3マスク1800上に一括図形1802を配置することにより通常の一括図形照射法も併用できる。本実施例の方法を0.15 $\mu$ m寸法の論理LSIの描画に用いた。その結果、寸法精度を従来の可変矩形法の $\pm 20$ nmから $\pm 10$ nmへと向上させることができた。

【0042】次に、本発明を適用した電子線描画装置を用いてLSIを形成する実施例を説明する。図5(a)～(d)は、本発明を用いて半導体集積回路を製造する場合の各工程における素子の断面図である。

(1)まず、同図(a)に示すように、通常の方法で、Nマイナスシリコン基板45に、Pウェル層46、P層47、フィールド酸化膜48、多結晶シリコン/シリコン酸化膜ゲート49、P高濃度拡散層50、N高濃度拡散層51、などを形成する。

(2)次に、同図(b)に示すように、通常の方法でリンガラス(PSG)の絶縁膜52を被着し、その上に電子線レジスト53を塗布し、本発明の電子線描画装置によりホールパターン54を形成する。

【0043】(3)次に、同図(c)に示すように、電子線レジスト(図示せず)をマスクにして絶縁膜52をドライエッチングしてコンタクトホール55を形成する。

(4)次に、同図(d)に示すように、通常の方法でW/TiN電極配線56を形成し、次に層間絶縁膜57を形成した。次に、電子線レジスト(図示せず)を塗布し、本発明の電子線描画装置によりホールパターン58を形成する。ホールパターン58の中はWプラグで埋め込み、Al第2配線59を連結する。以降のバッシベーション工程には従来法を用いた。

【0044】なお、本実施例では主な製造工程のみを説明し詳細は省略したが、コンタクトホール形成のリソグラフィ工程で本発明の電子線描画技術を用いたこと以外は従来法と同じ工程を用いた。以上の工程によりCMOSLSIを高歩留まりで製造することができた。本発明を用い半導体装置を製作した結果、従来生じていた図形の歪みによる合わせ不良や解像性および電流密度の不均一性によるホール埋め込み金属の接続不良の発生を防止でき、製品の良品歩留まりが大幅に向上した。

【0045】なお、本明細書では特定の種類の一括図形のみを用いたが、その他の種々の図形へ適用可能であることは明らかである。対物レンズの構造や縮小率などの電子光学系も本実施例に限らず、偏向により図形を選択し縮小して試料上に投影する全ての電子線描画装置に本発明は有効である。

【0046】

【発明の効果】以上述べてきたように、本発明を用いることにより、一括図形照射法の高速度高精度化が図れる。より具体的には、離軸を抑えて図形数を増大させる、垂直にマスクに電子が入射する、マスクの薄膜化を可能とするなどの効果が得られる。これにより、半導体集積回路や微細構造素子を高い生産性で製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を説明するための電子線描画装置の構成図である。

【図2】本発明における第1マスク図である。

【図3】本発明の第1実施例における第2マスク図である。

【図4】本発明の第1実施例における第3マスク図である。

【図5】本発明の第2および3実施例を説明するための電子線描画装置の構成図である。

【図6】本発明の第2実施例における種々の矩形を配置した第2マスク図である。

【図7】本発明の第2実施例における一括図形の部分選択を説明するための第3マスク図である。

【図8】本発明の第3実施例におけるサイズの異なる一括図形を配置した第3マスク図である。

【図9】本発明の第4実施例の薄膜マスクを用いた場合の電子線描画装置の構成図である。

【図10】本発明の第4実施例におけるブランキング用第2マスク図である。

【図11】本発明の第4実施例における薄膜マスク図(第3マスク)である。

【図12】本発明の第5実施例を説明するための電子線描画装置の構成図である。

【図13】本発明の第5実施例における第2マスク図の例である。

【図14】本発明の第5実施例における第3マスク図の例である。

【図15】本発明を用いて半導体集積回路を製造する場合の各工程における素子の断面図である。

【図16】本発明の応用に使用する解像不可能な微細パターンを持つ図形開口を説明するための図である。

【図17】本発明の第6実施例における第2マスク図である。

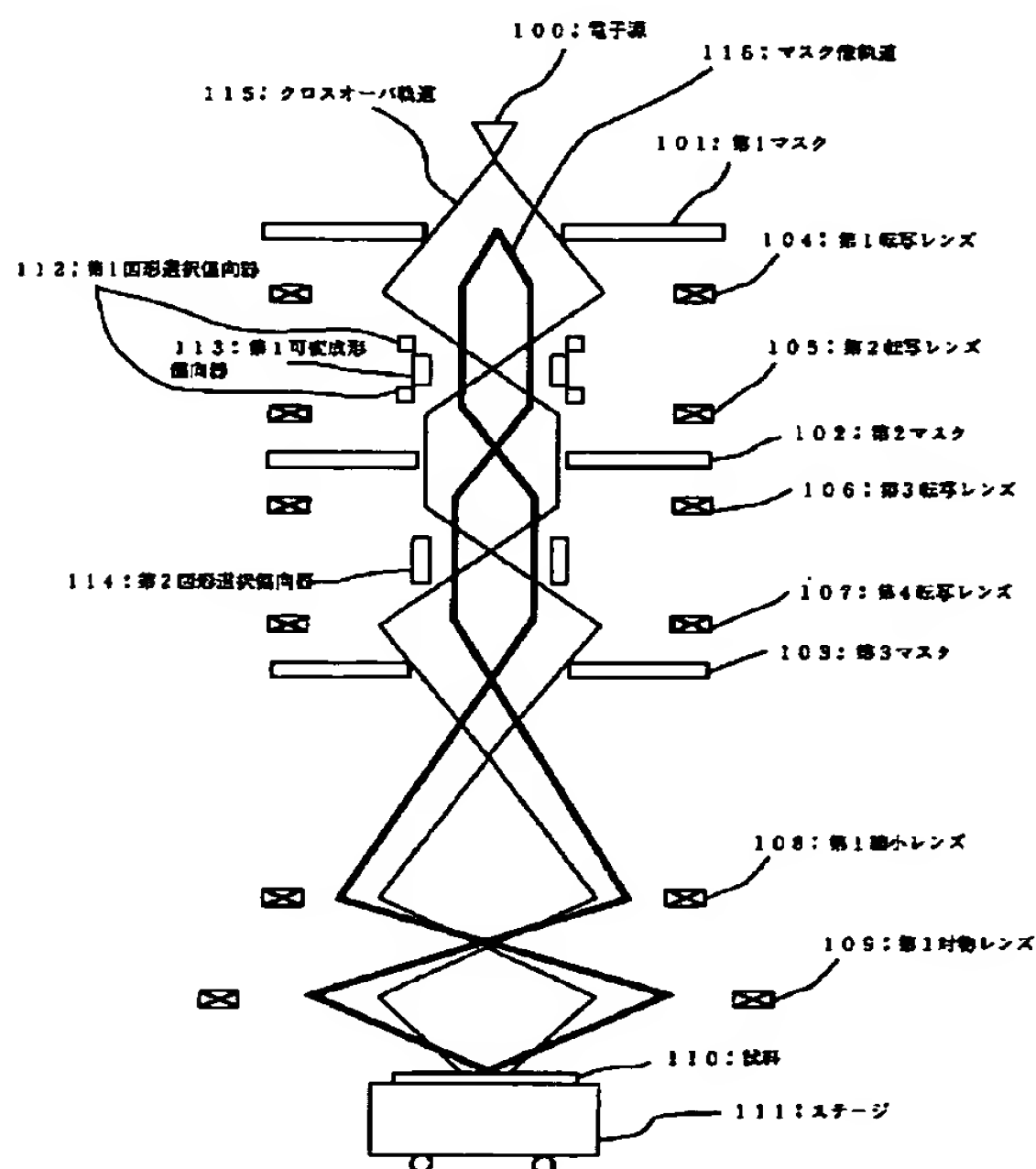
【図18】本発明の第6実施例における第3マスク図である。

## 【符号の説明】

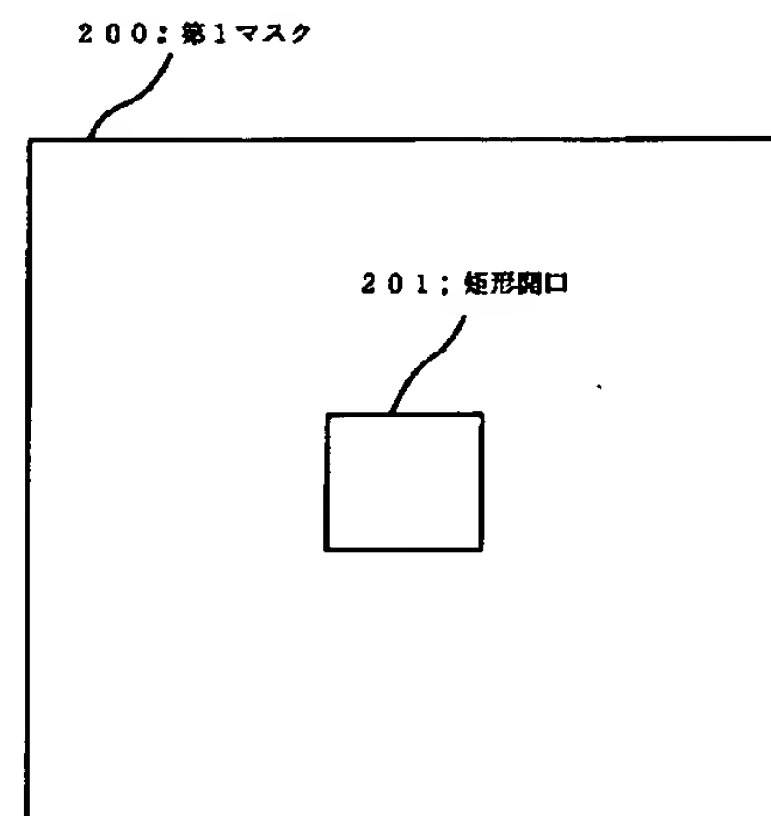
45：Nマイナスシリコン基板、46：Pウェル層、47：P層、48：フィールド酸化膜、49：多結晶シリコン/シリコン酸化膜ゲート、50：P高濃度拡散層、51：N高濃度拡散層、52：絶縁膜、53：電子線レジスト、54：ホールパターン、55：コンタクトホール、56：W/Ti電極配線、57：層間絶縁膜、58：ホールパターン、59：アルミ第2配線、100：電子源、101：第1マスク、102：第2マスク、103：第3マスク、104：第1転写レンズ、105：第2転写レンズ、106：第3転写レンズ、107：第4転写レンズ、108：第1縮小レンズ、110：試料、111：ステージ、112：第1図形選択偏向器、113：第1可変成形偏向器、114：第2図形選択偏向器、115：クロスオーバー軌道、116：マスク像軌道、200：第1マスク、201：矩形開口、300：第2マスク、301：矩形開口、302：図形開口、303：第1マスク像、400：第3マスク、401：矩形開口、402：図形開口、403：第2マスク像、501：第1矩形選択偏向器、600：第2マスク、601：矩形開口、603：第1マスク像、604：小さな\*

\*矩形開口、700：第3マスク、701：矩形開口、702：大きな第2マスク像、703：小さな第2マスク像、800：第3マスク、801：小さな矩形開口、802：大きな矩形開口像、803：小さな矩形開口像、901：第1図形選択偏向器、903：薄膜マスク、910：角度制限絞り、913：ブランキング用偏向器、914：第1可変成形偏向器、915：従来のブランキング用偏向器、1000：第2マスク、1001：矩形開口、1003：第1マスク像、1004：ブランキングされた第1マスク像、1103：薄膜マスク、1002：第2マスク像、1101：矩形開口、1201：第2図形選択偏向器、1213：第1図形選択偏向器、1214：第1可変成形偏向器、1300：第2マスク、1301：矩形開口、1302：図形開口、1303：第1マスク像、1401：矩形開口、1402：第2マスク像、1403：第3マスク、1700：第2マスク、1701：矩形開口、1702：第1マスク像、1800：第3マスク、1801：矩形開口、1802：一括図形、1803：矩形開口像、1804：微細開口群

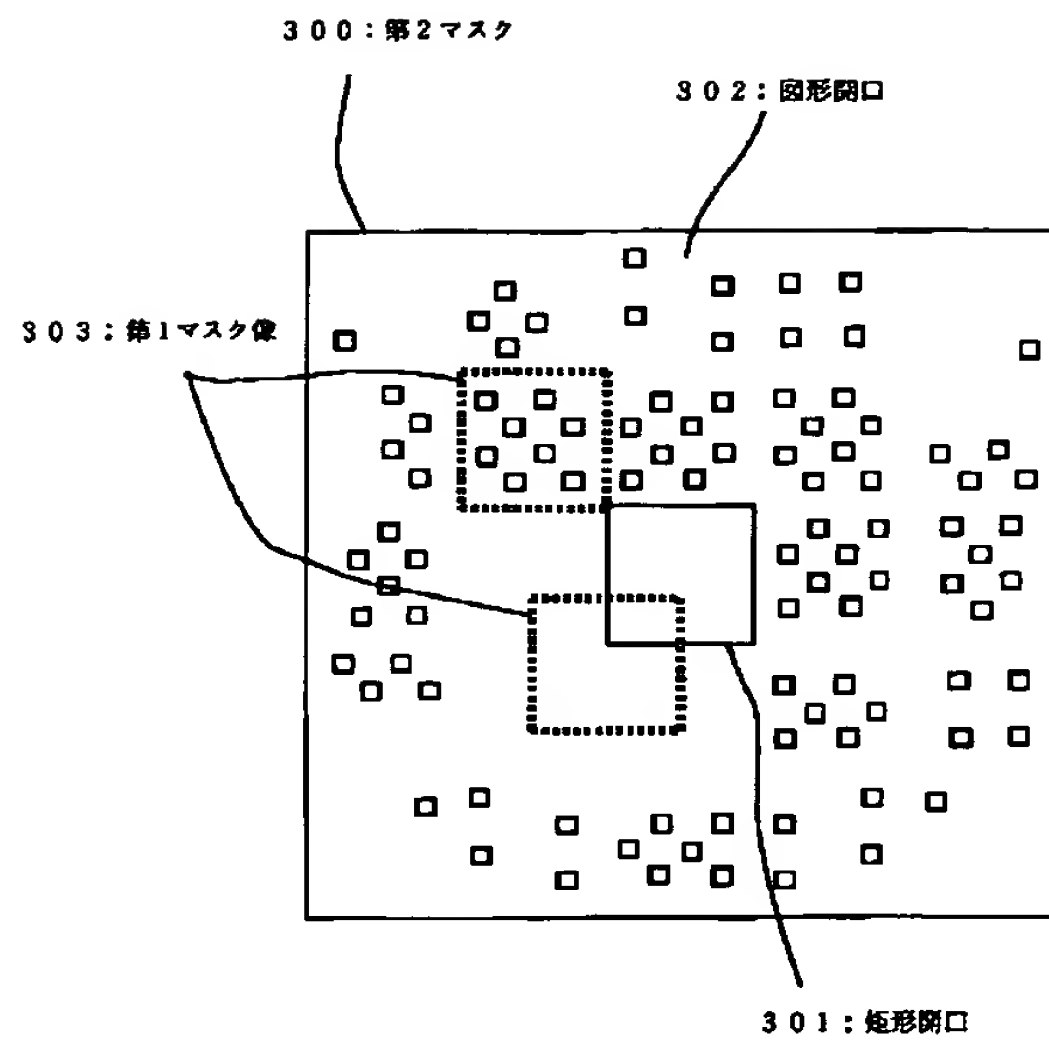
【図1】



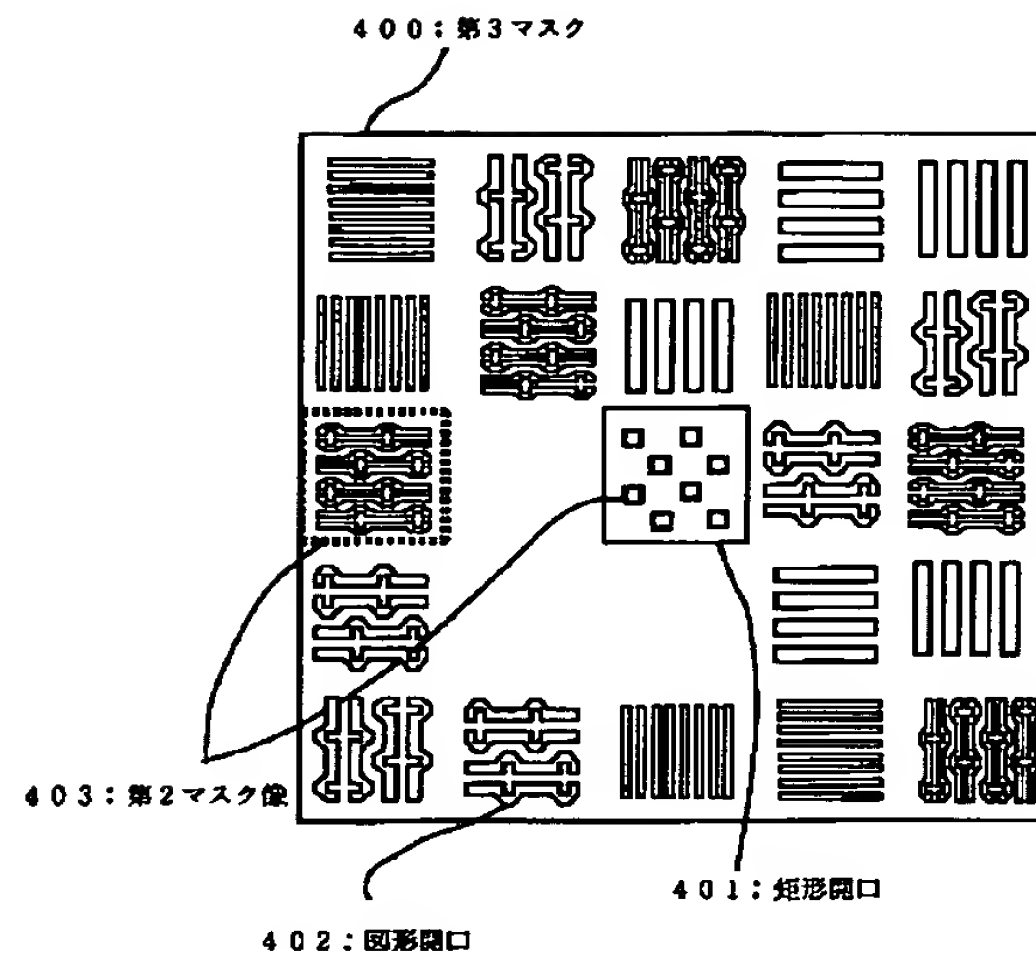
【図2】



【図3】

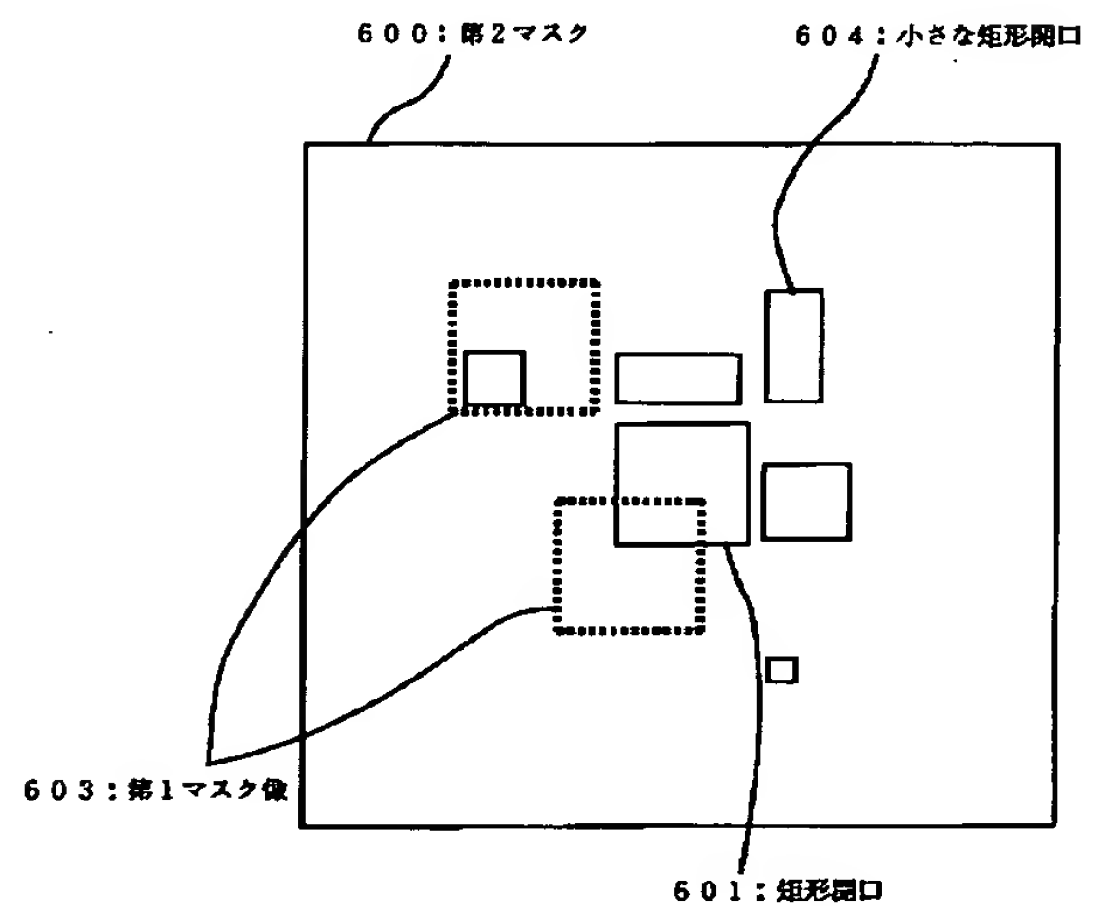
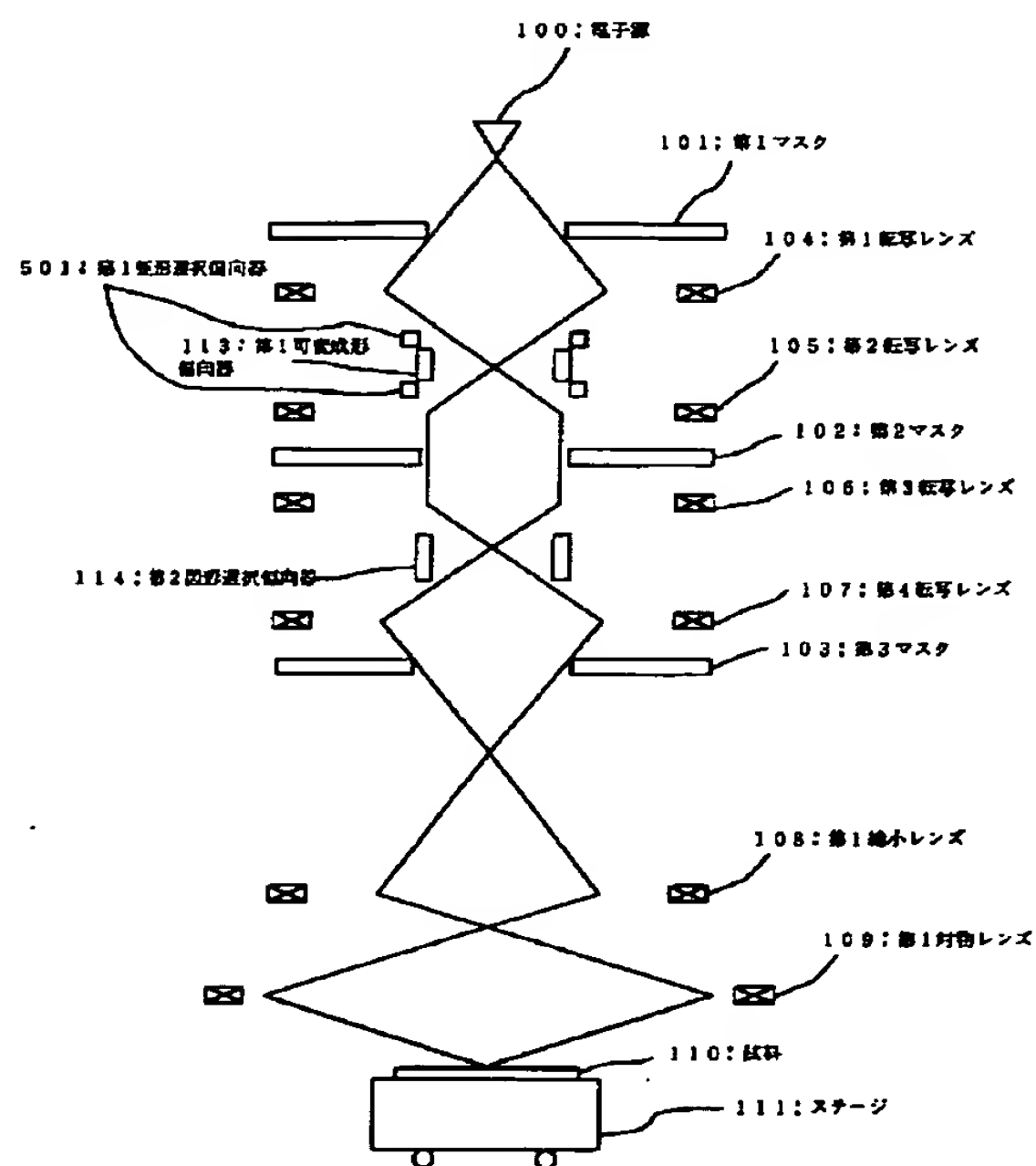


【図4】



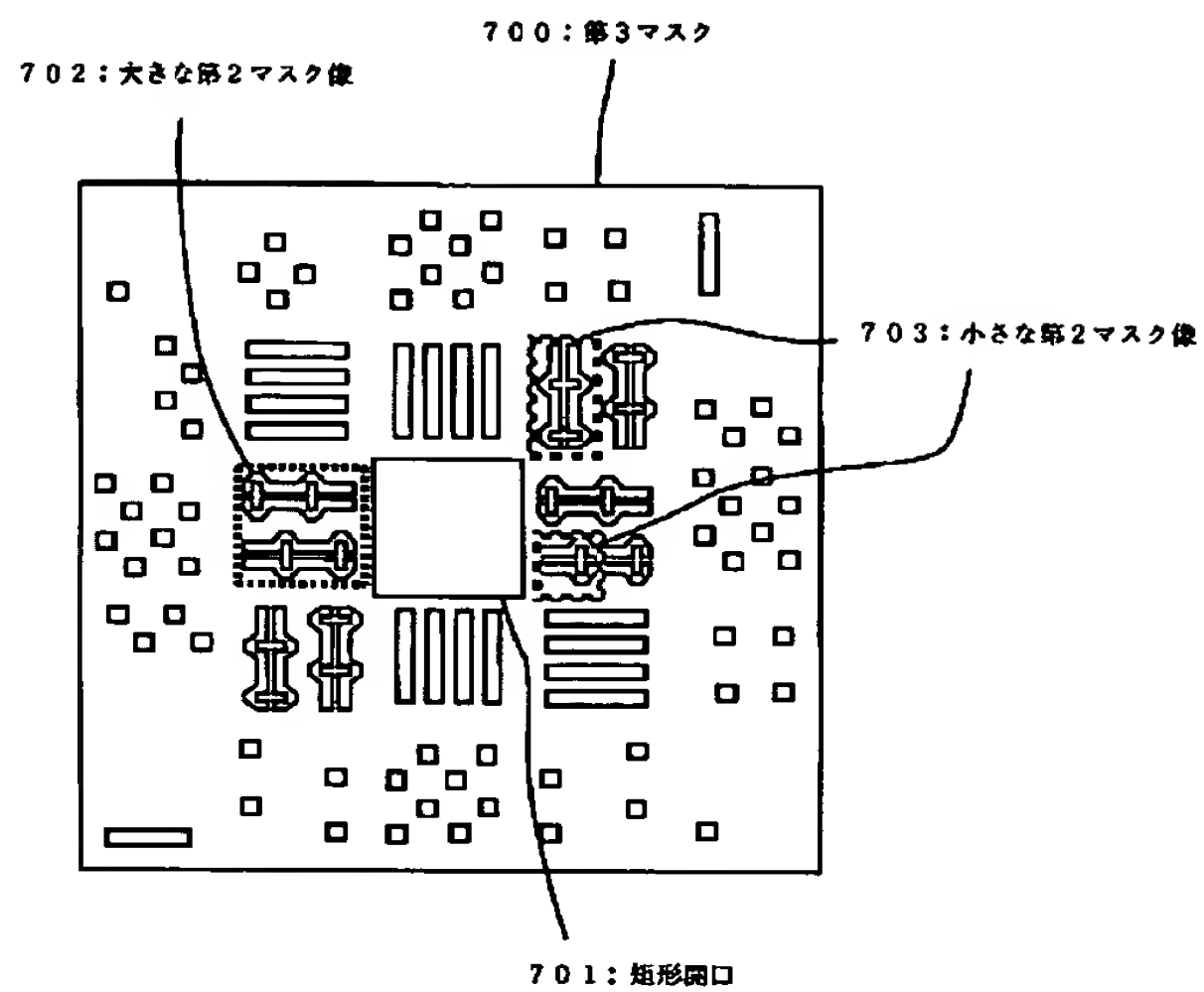
【図6】

【図5】

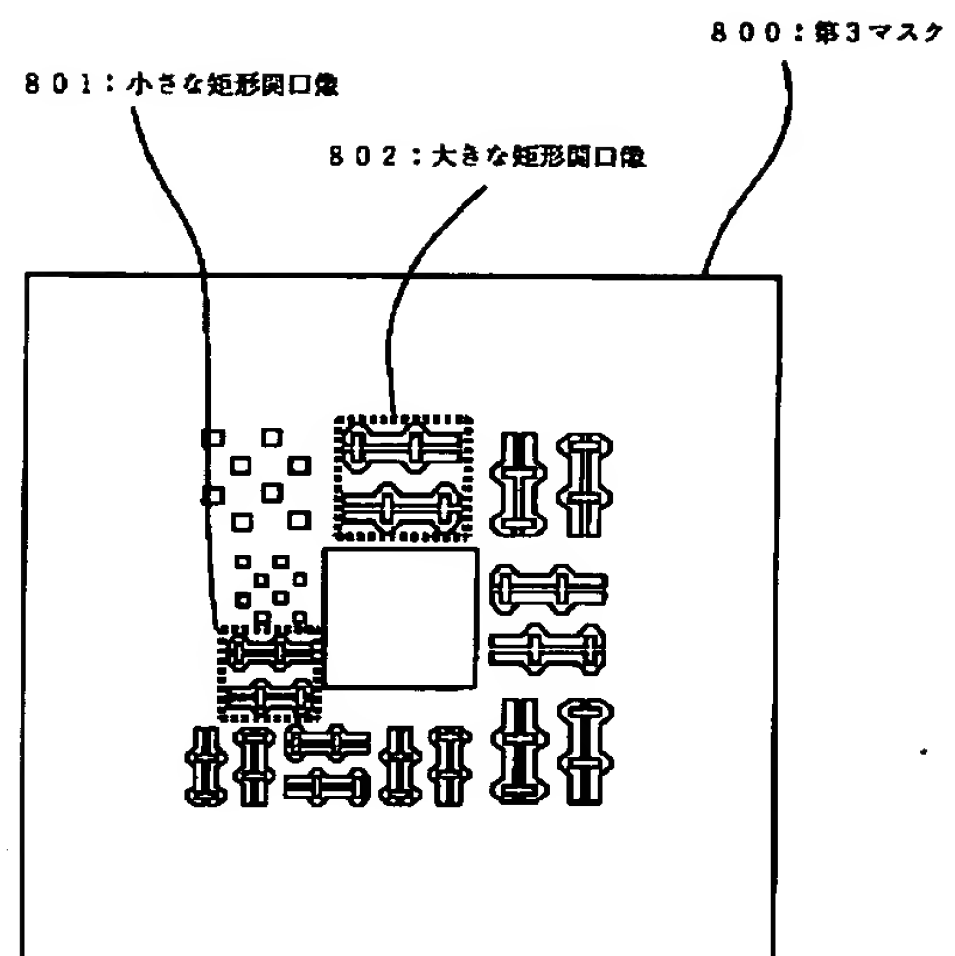




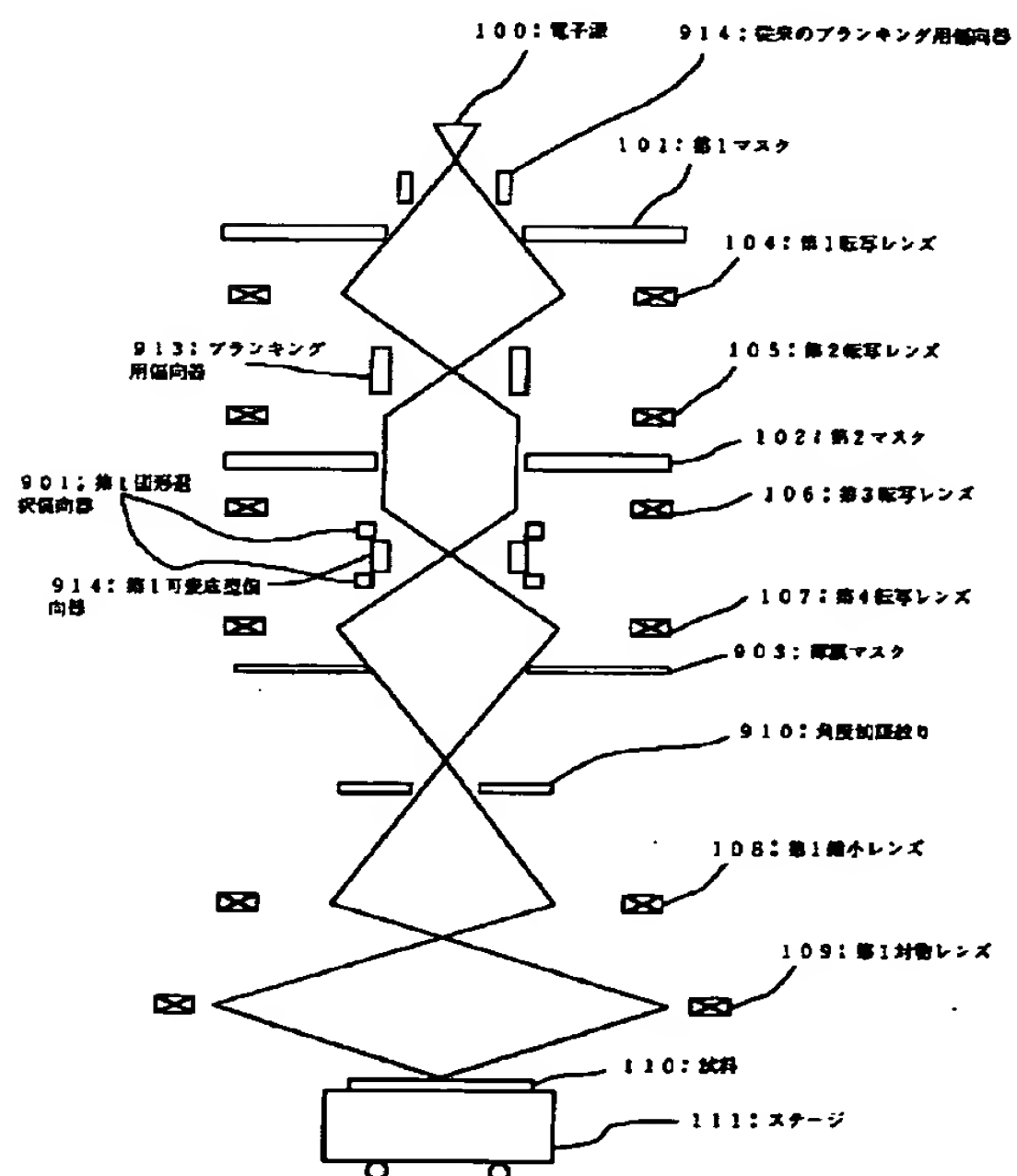
【図7】



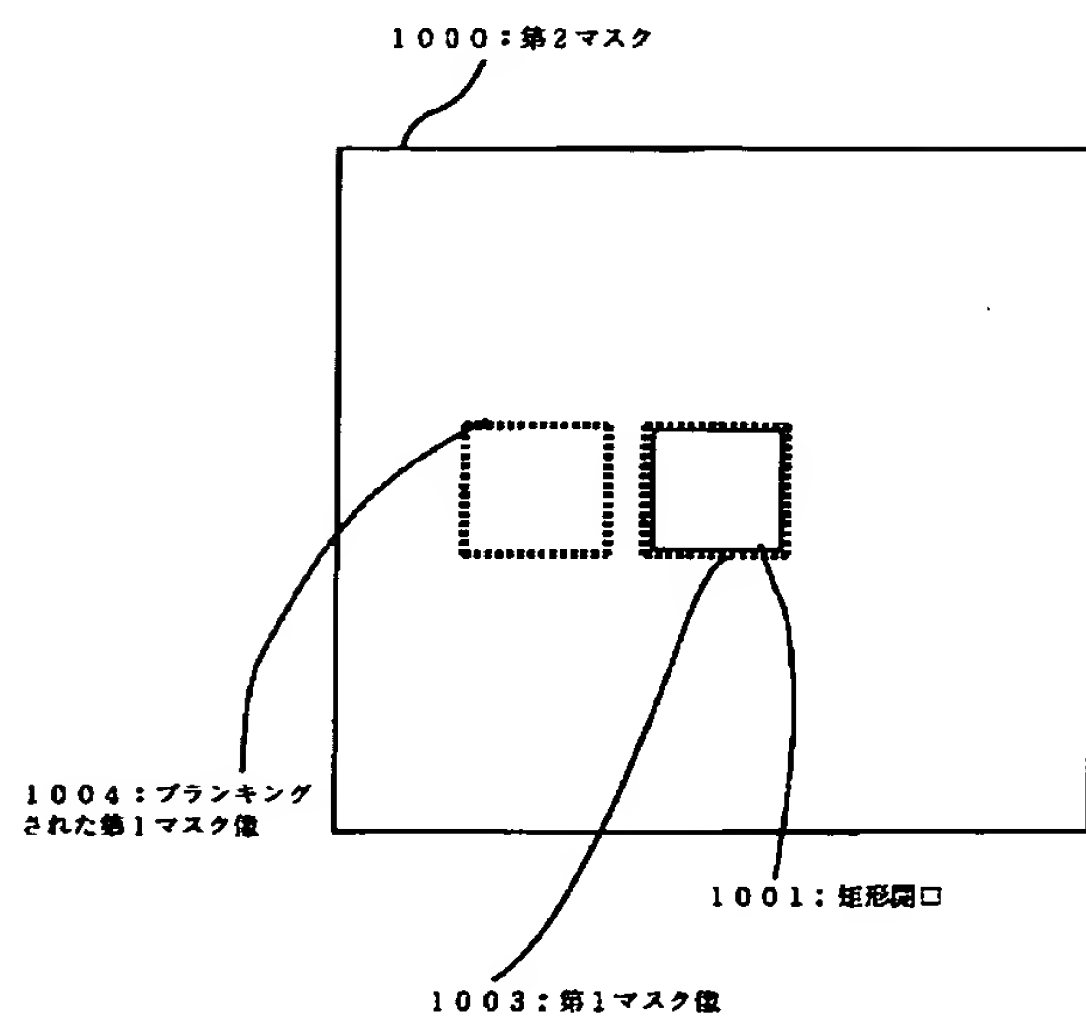
【図8】



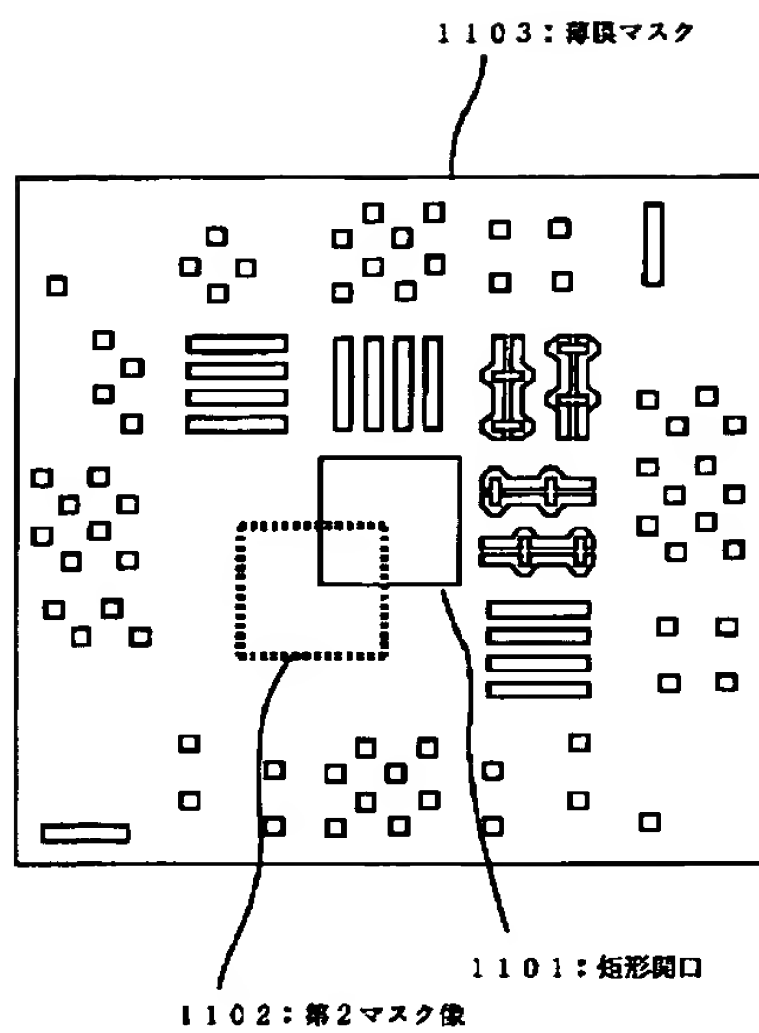
【図9】



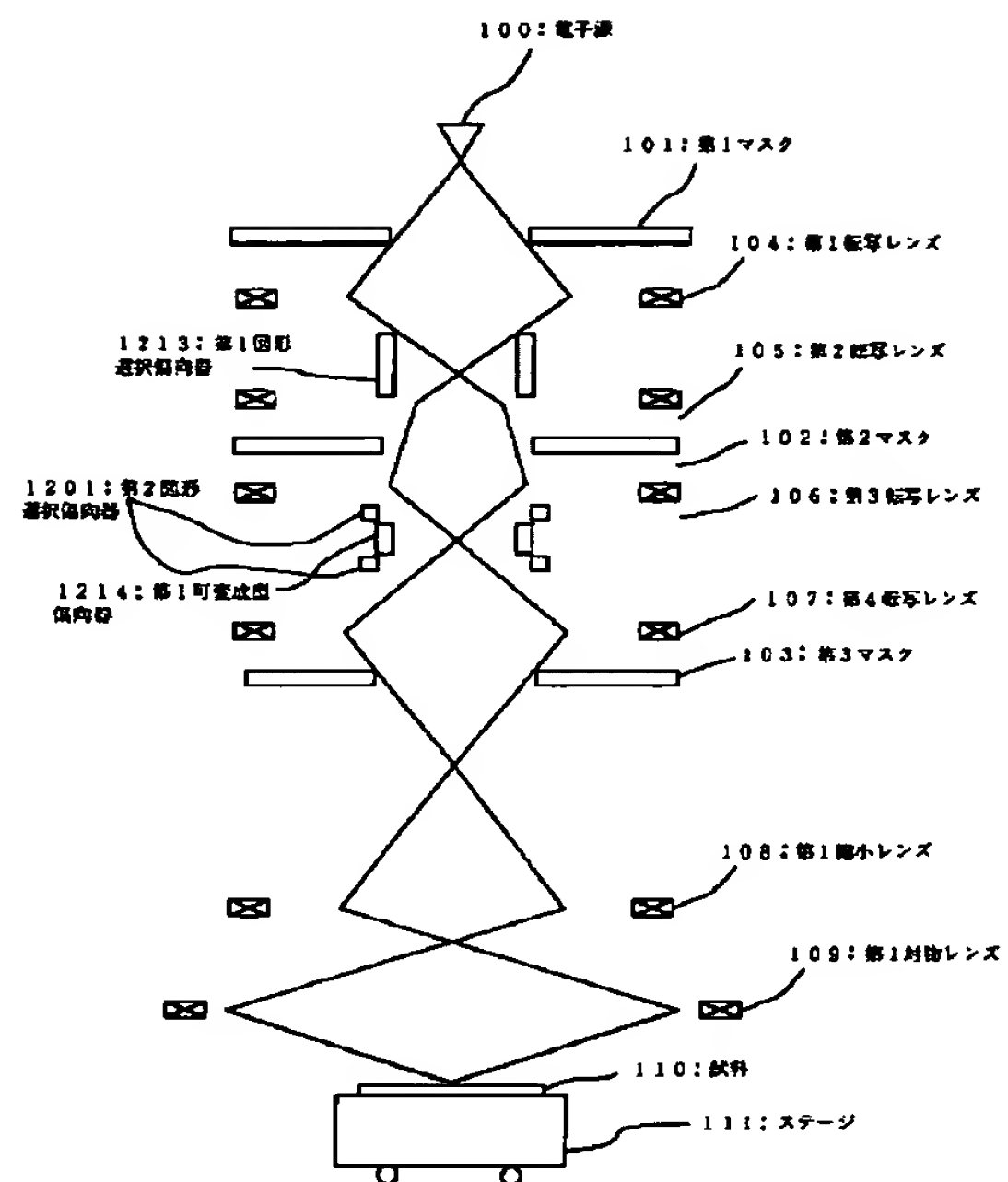
【図10】



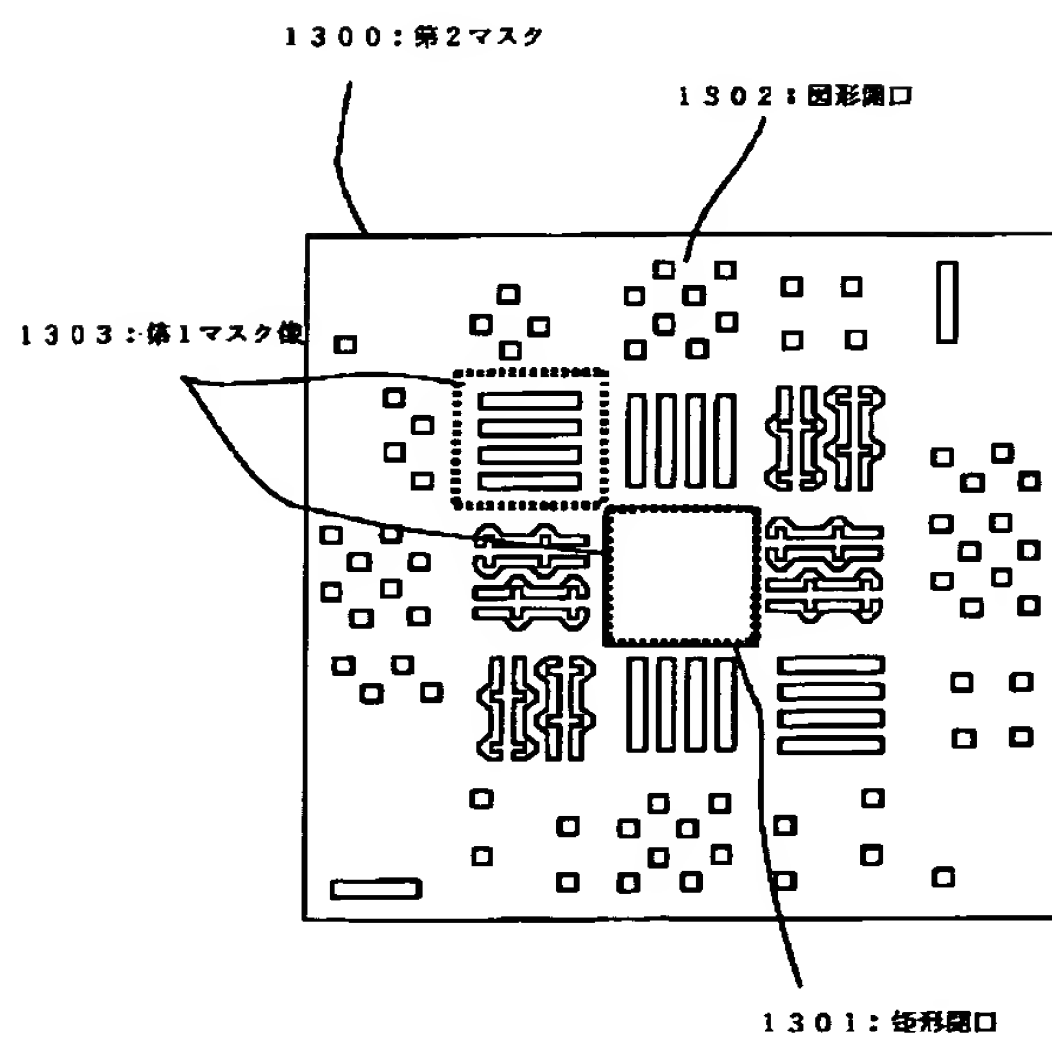
【図11】



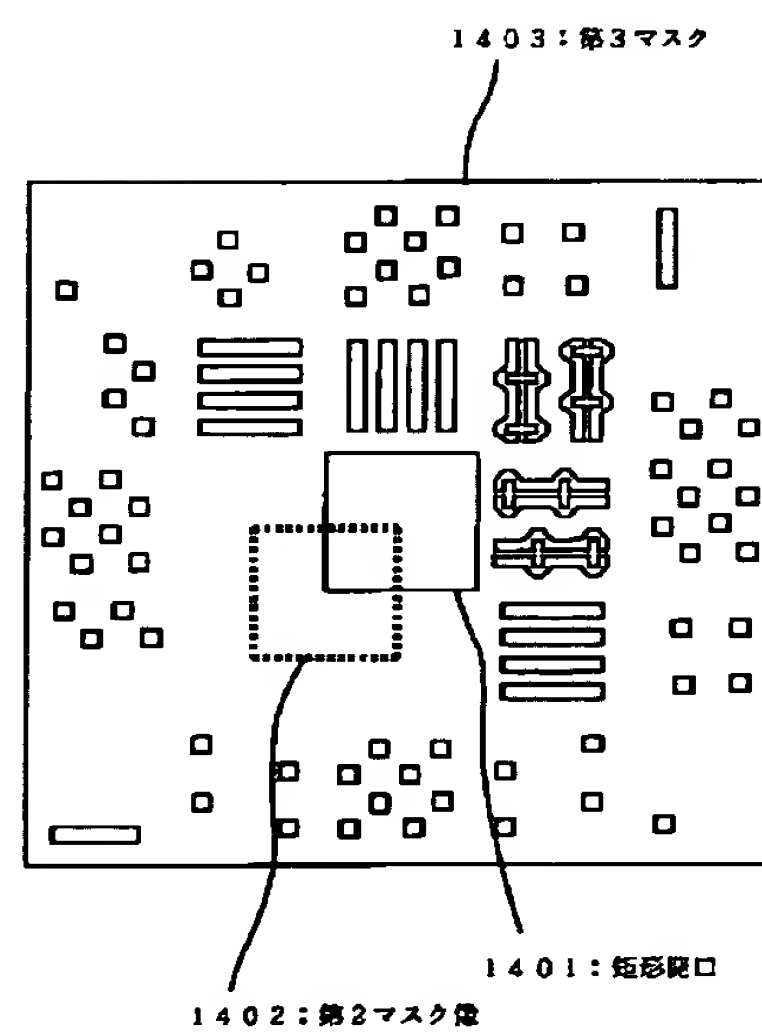
【図12】



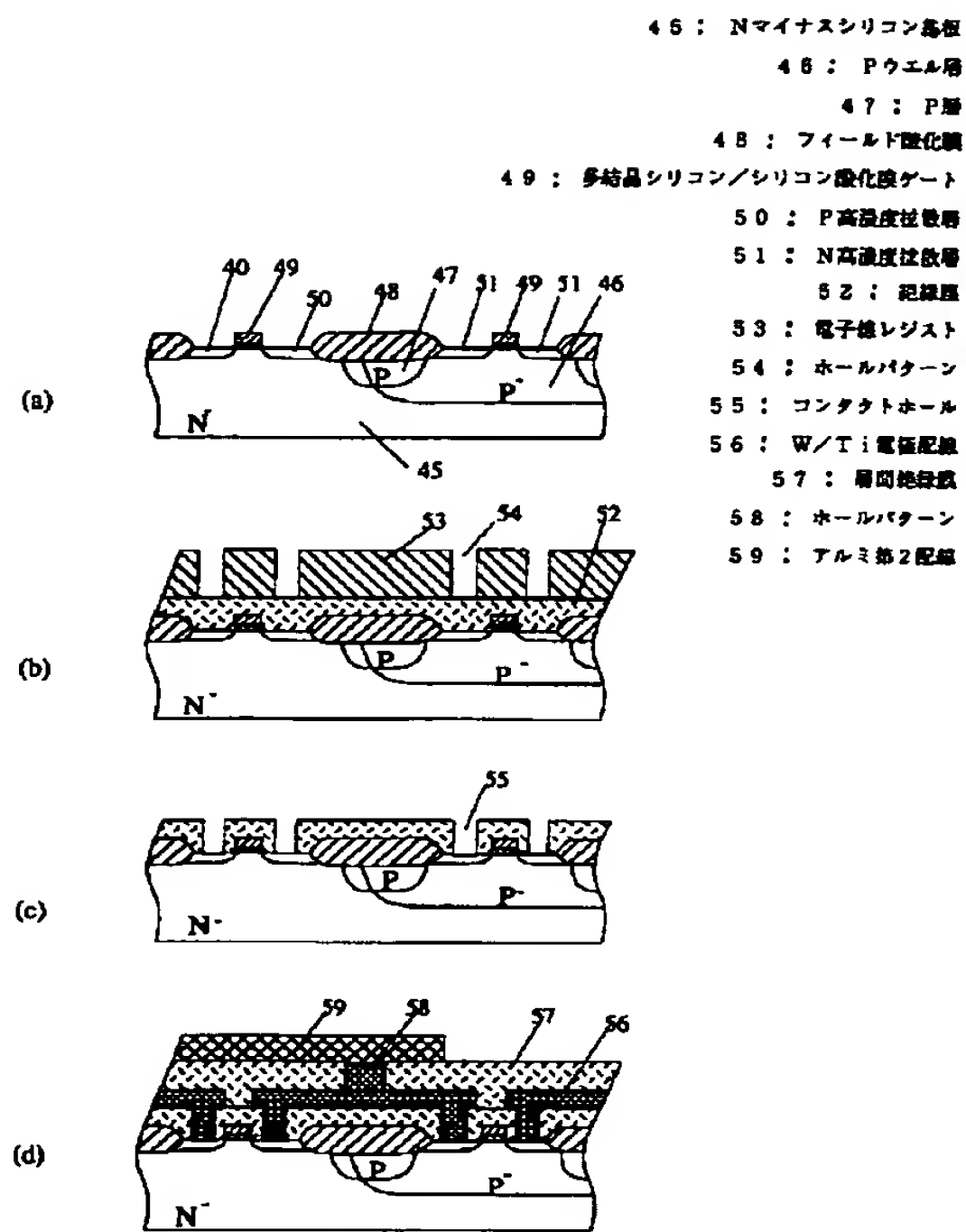
【図13】



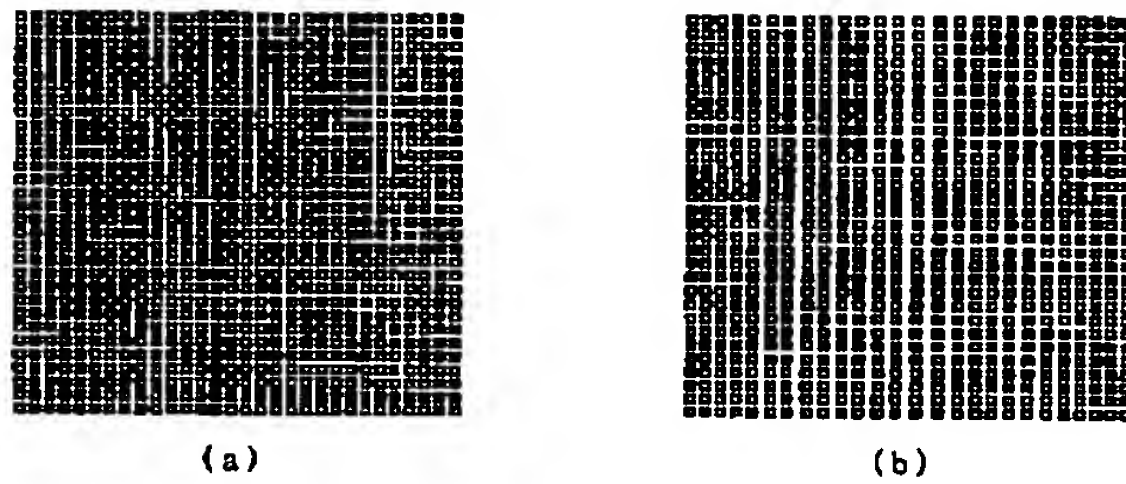
【図14】



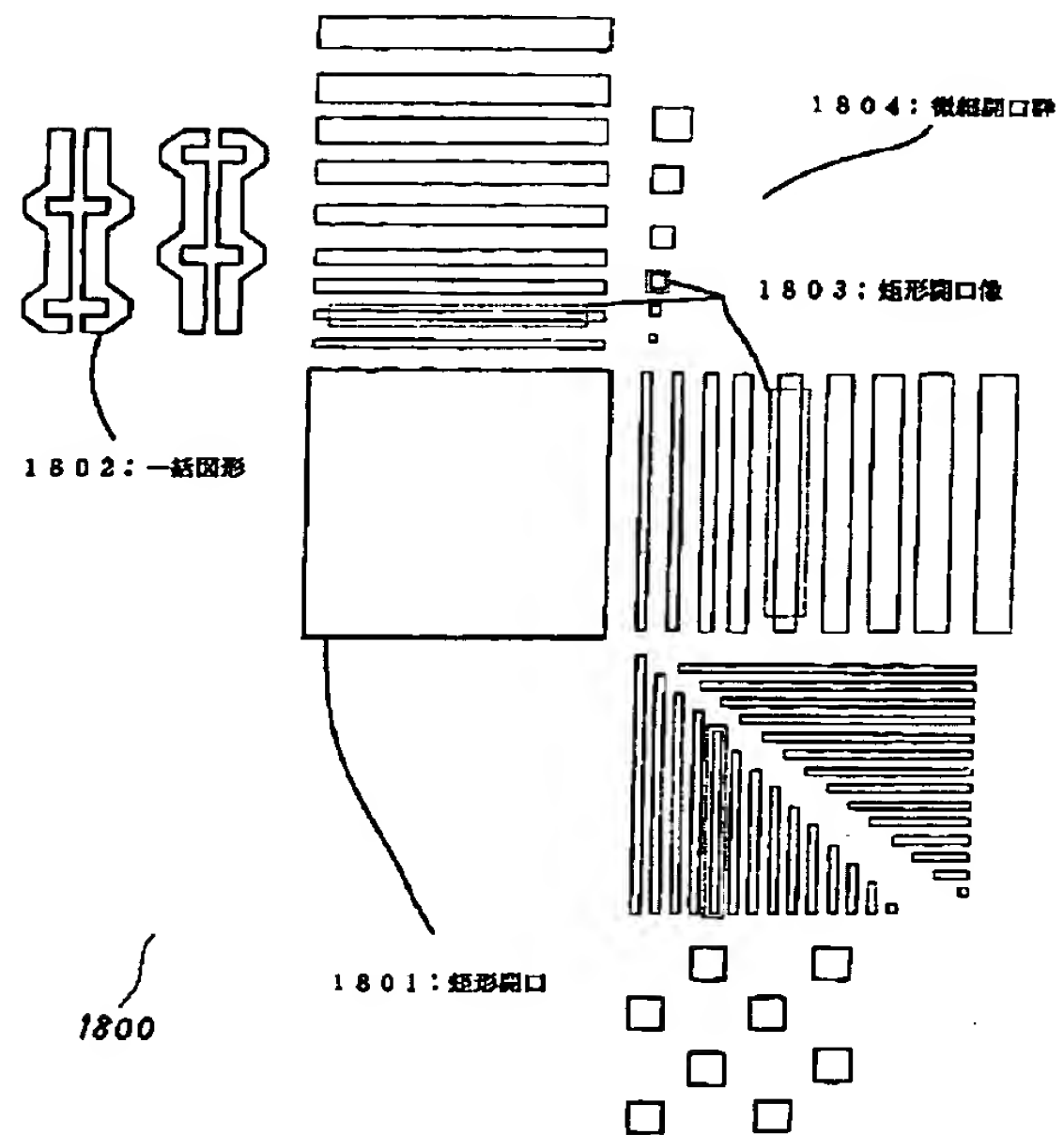
【図15】



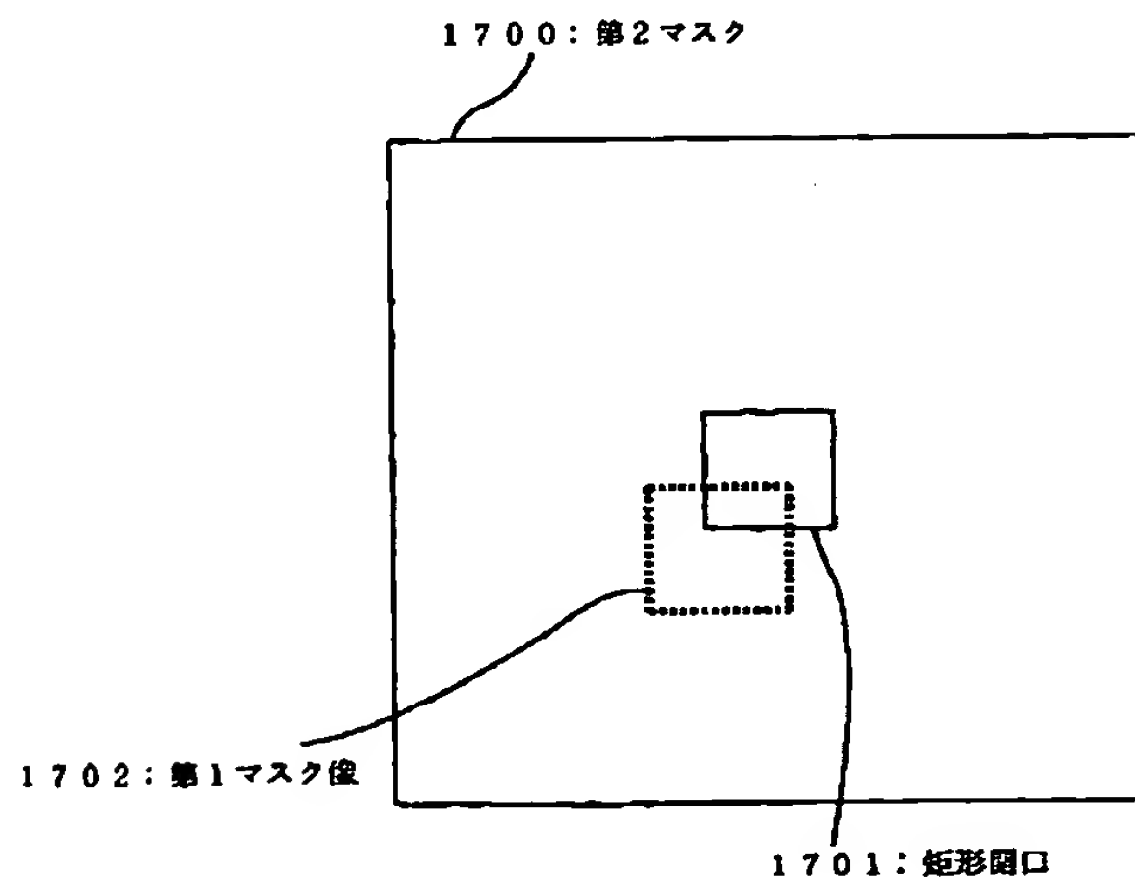
【図16】



【図18】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 松坂 尚  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 斉藤 徳郎  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中山 義則  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 伊藤 博之  
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会  
社日立製作所計測器事業部内